

燃料デブリ粒子の水中沈降・堆積時における中性子実効増倍率の解析

Analysis of Effective Neutron Multiplication Factor in Sedimentation of Fuel Debris Particles

*柴 茂樹¹

¹原子力規制庁長官官房技術基盤グループ

DEM-MPS 連成解析手法並びに MVP3.0 コードを用いて燃料デブリ粒子の水中沈降・堆積時の中性子実効増倍率変化を評価した。

キーワード：燃料デブリ, DEM-MPS 連成手法, MVP3.0 コード, 中性子実効増倍率

1. 緒言

近年、コンピュータ技術の向上に伴い粒子法(MPS: Moving Particle Simulation)は流体・構造解析において利用されている。MPS 法の固液混相流モデルは、自由表面の追跡に優れた特性を有することから、土石流などの事象へ適用され、その有用性が示されてきた。しかし、粉体粒子の粒度分布の設定や粒子の付着性等を解析することが困難であったことから、離散化要素法 (DEM: Distinct Element Method)と MPS 法を連成したコード (DEM-MPS 連成手法) が開発され、これらを考慮した高解像度の解析が可能となった[1]。

福島第一原子力発電所の燃料デブリ取出しでは、何らかの原因で燃料デブリの崩落などの可能性があること[2]から、燃料デブリの水中での挙動を踏まえた中性子実効増倍率の評価が必要となる。

本研究では、汎用の DEM-MPS 連成解析コードを用いた燃料デブリの水中沈降解析を行い、燃料デブリの水中沈降・堆積過程における中性子実効増倍率の評価を実施した。

2. 評価対象及び解析条件

原子炉圧力容器下部近傍に存在する燃料デブリが何らかの原因で水中へ沈降・堆積するシナリオを想定し、DEM-MPS コードを用いて解析した。さらに、DEM-MPS 連成解析から得られた時刻歴の DEM 粒子情報をもとに、連続エネルギー法に基づく汎用モンテカルロコード (MVP3.0: Monte Carlo code for Vector Processors Version 3.0) で各時刻における中性子実効増倍率を評価した。

3. 結果

DEM-MPS 連成解析により円柱状に集積させた燃料デブリ粒子群の初期位置からの気中落下、水中沈降・堆積までの粒子挙動が得られた。燃料デブリ粒子の水中沈降では、粒子径の違いによる沈降速度の違いを表現することができた (図1 参照)。また、水中沈降時の中性子実効増倍率は、燃料デブリ粒子の着水後、まもなく最大値を示すが、その後、位置的分散により小さくなった。

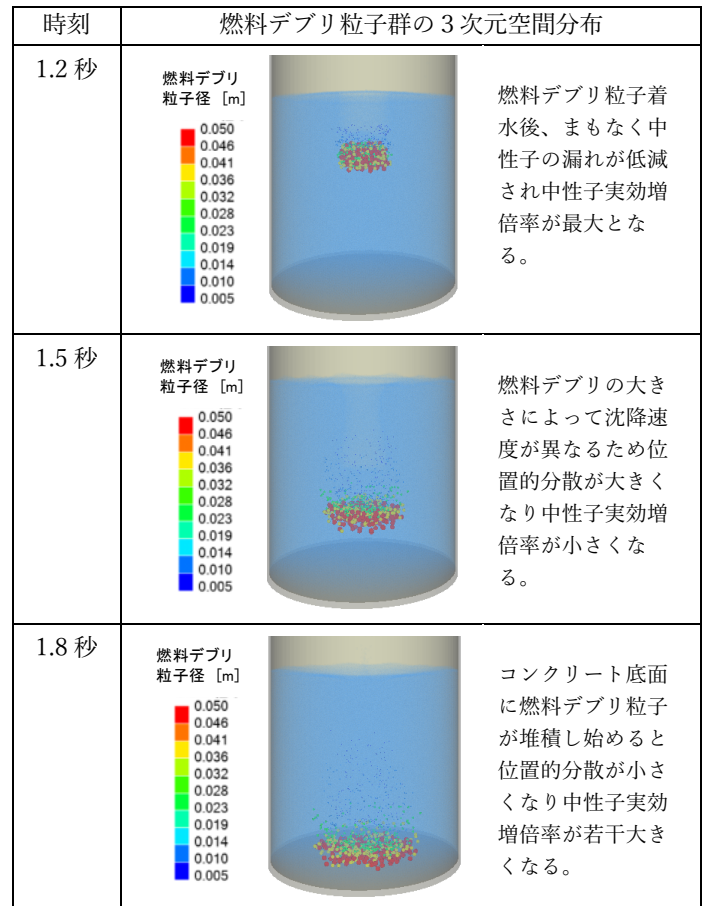
4. 結論

DEM-MPS 連成解析コード、並びに MVP3.0 コードを用いて、燃料デブリ水中沈降・堆積時の中性子実効増倍率の変動幅を把握できた。今後、粒径分布などの臨界評価で注目すべきパラメータについて検討する予定である。

参考文献

[1] 後藤仁志, 林稔, 安藤怜, 酒井哲郎: 固液混相流解析のための DEM-MPS 法の構築, 水工学論文集, 第 47 巻, pp.547-552. [2] 平成 26 年度補正予算「廃炉・汚染水対策事業費補助金」(燃料デブリ臨界管理技術の開発) 中間報告

*Shigeki Shiba¹ ¹ Regulatory Standard and Research Department, Secretariat of Nuclear Regulation Authority (S/NRA/R)



※燃料デブリ粒子群の初期位置(高さ)及び水位はそれぞれ 10m、4m である。

図1 DEM-MPS 練成手法を用いた燃料デブリ粒子の水中沈降解析例